

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 9 日
Date of Application:

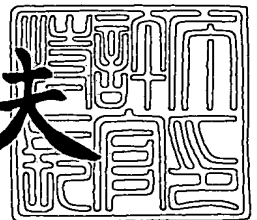
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 9 6 4 7 8
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 9 6 4 7 8]

出 願 人 ローム株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 2 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 9 8 7 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 P-42446

【提出日】 平成14年10月 9日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/90

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県浜松市三和町 1 0 番地 ローム浜松株式会社内

【氏名】 田原 傑

【特許出願人】

【識別番号】 000116024

【氏名又は名称】 ローム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100105647

【弁理士】

【氏名又は名称】 小栗 昌平

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100105474

【弁理士】

【氏名又は名称】 本多 弘徳

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100108589

【弁理士】

【氏名又は名称】 市川 利光

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100090343

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗宇 百合子

【電話番号】 03-5561-3990

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 092740

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9901047

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 極薄の誘電体膜上で粒界をもつ導電性膜をパターンニングするに際し

平坦部の前記導電性膜の大部分が消失するまで異方性エッチングを行う第 1 のエッチング工程と、

前記第 1 のエッチング工程後、粒界直下の前記誘電体膜の厚さを酸化種が基板との界面に達しない程度に保持できるように、前記導電性膜を残留せしめた状態で、前記誘電体膜に対する選択比を高めて不要部の前記導電性膜をエッチングする第 2 のエッチング工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記第 2 のエッチング工程は、前記酸化種と前記基板との反応により酸化シリコン膜を成長させつつエッチングを行う工程を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記第 2 のエッチング工程は、前記第 1 のエッチング工程よりも、酸化種濃度が高くなるようなガス雰囲気下で実行される工程であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記第 2 のエッチング工程はチャンバー内圧力が 2 m T o r r 以下で実行される工程であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 前記誘電体膜は、膜厚 5 n m 以下の酸化シリコン膜であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記導電性膜は、シリコン系導電性膜であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記シリコン系導電性膜は、多結晶シリコン膜であることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 前記第 1 および第 2 のエッチング工程は E C R プラズマエッチング工程であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】前記第 2 のエッチング工程は、臭化水素 (HBr) / Cl₂ / O₂ プラズマを用いたエッチング工程であることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】前記第 1 のエッチング工程は、臭化水素 (HBr) / Cl₂ / O₂ プラズマを用いたエッチング工程であり、

前記第 2 のエッチング工程における酸素濃度は、前記第 1 のエッチング工程における酸素濃度よりも大きいことを特徴とする請求項 9 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】前記第 1 のエッチング工程は、Cl₂ / O₂ プラズマを用いたエッチング工程であることを特徴とする請求項 9 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 12】前記誘電体膜はゲート酸化膜であり、前記導電性膜は、ゲート電極であることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造方法に関し、特に、5 nm 以下の薄い誘電体膜上への導電性膜パターン形成のためのエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年半導体装置の微細化、高集積化は進む一方であり、サブクオータミクロンの加工を高精度かつ再現性よく行う技術が必要となってきた。

【0003】

例えば、誘電体膜であるゲート酸化膜上の多結晶シリコン膜を精度よく形成する事を目的とし、エッチング速度の速い第 1 のエッチング方法と、下地の酸化膜の損傷を考慮して酸化膜に対する選択比の大きい第 2 のエッチング方法とを用いる方法が提案されている（特許文献 1 参照）。

【0004】

この方法では、下層の絶縁層をエッチングすることなく垂直なエッチング形状

を得ることができ、しかも段差部で残渣を皆無にすることができるとしている。
この場合はせいぜい厚さ 20 nm 程度のゲート酸化膜の場合であった。

【0005】

しかしながら、ゲート酸化膜は薄くなる一方であり、なかでも最近では 5 nm 以下のものも提案されている。このような薄いゲート酸化膜を用いて MOSFET を形成する場合、この上層に形成した多結晶シリコン膜などのシリコン系導電性膜をパターニングし、これによってゲート電極を形成する。そしてこのゲート電極をマスクとしてソース・ドレイン領域形成のための不純物イオンの注入がなされる。

【0006】

従来このような多結晶シリコン膜のパターニングのためのエッチング工程は、図 1 に示すような ECR プラズマエッチング装置を用いて実行される。

この ECR プラズマエッチング装置は、チャンバー 101 内の上部に取り付けられた石英窓、被処理基板が設置される下部電極 103 と、チャンバー 101 内を真空排気する真空ポンプ（図示せず）と、チャンバー 101 内に所望の反応性ガスを供給するガス供給系（図示せず）とを具備してなるものである。プラズマは、石英窓 102 を介してチャンバー内部に導入された 2.45 GHz のマイクロ波により生成される。104 及び 105 は、電子サイクロトロン共鳴により高密度なプラズマを生成するために設置されたコイルである。生成されたプラズマ中の正イオンは、下部電極 103 に高周波整合器 108 を介して高周波電源 107 から供給された高周波より下部電極に誘起される自己バイアス電圧によって被処理基板にほぼ垂直に入射する。これにより、垂直なパターン加工が可能になる。

【0007】

このような ECR プラズマエッチング装置を用い、反応性ガスとして Cl_2/O_2 ガスを用いて多結晶シリコン膜をパターニングした場合のエッチング表面の TEM 写真を図 5 に示す。この多結晶シリコン膜は、膜厚 2.75 nm の酸化シリコン膜からなるゲート酸化膜上に形成されたものである。またこの時の多結晶シリコン膜表面およびゲート酸化膜表面の拡大写真を図 6 (a) および (b) に夫々示す。

【0008】**【発明が解決しようとする課題】**

この場合、図5および6から明らかなように、表面に波状の模様を描くようにエッチング残渣が残り、表面が凹凸形状をなす。

このような表面の凹凸は後続工程に種々の影響を及ぼす事がわかっている。

【0009】

例えば、特に浅いソース・ドレイン領域を形成する場合、あるいは超浅の拡散深さをもつLDD構造のソース・ドレイン領域を形成する場合など、複雑な不純物拡散プロファイルを形成しようとする場合は、マスクから露呈する基板表面の表面状態が、注入されるイオンのプロファイルに大きな影響を与え、特性にばらつきを生ぜしめることがある。

【0010】

また、このようにして形成されたゲート酸化膜の上層にアモルファスシリコン膜あるいは多結晶シリコン膜を形成し、この多結晶シリコン膜やアモルファスシリコン膜をアニールし、一部に形成した窓から露呈するシリコン基板をシードとして、再結晶化を行うことにより、単結晶層を形成し、この単結晶層内にデバイスを形成した多層構造デバイスも提案されている。しかしながら、凹凸のある表面に形成された多結晶シリコン膜はその表面の状態をそのまま引き継いでしまうことになり、膜質の良好な単結晶層を形成するのは極めて困難であった。

【0011】

このように、薄い誘電体膜上に形成された膜をパターンニングする場合、下地に形成された誘電体膜の表面が荒れを生じるという問題があり、これがデバイス形成においてさまざまな問題を引き起こすことがあった。

【0012】

そこで種々の実験及び検討を重ねた結果、このような誘電体膜の上層に多結晶シリコン膜など粒界を有するシリコン系導電性膜をパターンニングする場合、上層のシリコン系導電膜粒界直下の酸化シリコン表面に酸化シリコンの突出部（酸化シリコン膨れ）が形成されることがわかった。

【0013】

酸化シリコン膜の膨れが生じる機構を図7に示した。多結晶シリコンの粒界部分Gでは、表面が凹になっているために、多結晶シリコン膜が基板表面から消失する直前でゲート酸化膜が局所的に薄くなる（局所的薄膜化領域Lの形成、図7(a)）。シリコン基板表面の自然酸化膜成長に関するCabrera-Mottのモデル（非特許文献1および2参照）によれば、酸化膜の成長速度は酸化膜の両端に発生する電位差に依存し、酸化膜厚の増大と共に急激に低下する。これは、イオン化した酸化種または基板を構成する原子が酸化膜内部へドリフトして酸化膜が形成されるからである。

【0014】

したがって、酸化膜厚が薄くなったウィークスポットW（weak spot）においては、他の箇所より基板の酸化速度が速く、図7(c)のように酸化シリコンの島Iが形成される。これが、酸化シリコン膜の膨れであると考えられる。 C_{12}/O_2 プラズマの代わりに、酸素プラズマを用いると酸化シリコン膜の膨れは、発生しないが、 O_2 に対し21%の割合で C_{12} を添加すると酸化シリコン膜の膨れが形成される。そして、 C_{12} 濃度の増大とともに酸化シリコン膜の膨れも顕著になることがわかった。

【0015】

このときの、酸化シリコン膜の膜厚を変化させてこの表面の酸化シリコン膜の膜厚の増大量を測定した結果を図8に示す。ここで酸化シリコン膜の膜厚の増大量、最終的な酸化シリコン膜の膜厚をそれぞれ曲線a、bで示す。横軸は酸化シリコン膜の初期膜厚である。この結果から、初期の膜厚が4 nmから薄くなるに従い、酸化シリコン膜の膜厚の増大は大きくなっていることがわかる。

【0016】

また、第1のエッチング工程で酸化シリコン膜の一部が（局所的に）薄くなった場合、当該箇所における酸化膜厚の増大が大きくなり、酸化膜が島状に成長することもこの図から容易に推定できる。

【0017】

このような表面の荒れは、前述したように、デバイス特性に悪影響を与えることが多く、表面の平滑化を行うことができるとともにパターン精度の良好なエッ

チングを行うことのできるエッチング方法が望まれていた。

【0018】

【特許文献1】

特開平9-69511号公報、段落15など

【非特許文献1】

野村 滋、 福田 永 著、株式会社リアライズ社

極薄シリコン酸化膜の形成と界面評価技術

【非特許文献2】

N. Cabrera and N. F. Mott, Rep. Prog. Phys., 12, 163 (1949).

【0019】

本発明は前記実情に鑑みてなされたもので、エッチング残渣の残留を低減し、高精度でかつ微細なパターンを得ることができるエッチング方法を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】

そこで本発明では、極薄の誘電体膜上で粒界をもつ導電性膜をパターンニングするに際し、平坦部の前記導電性膜の大部分が消失するまで異方性エッチングを行う第1のエッチング工程と、前記第1のエッチング工程後、粒界直下の前記誘電体膜の厚さを、酸化種が基板との界面に達しない程度に保持できるように、前記導電性膜を残留せしめた状態で、前記誘電体膜に対する選択比を高めて不要部の前記導電性膜をエッチングする第2のエッチング工程とを含むことを特徴とする。

【0021】

かかる構成によれば、まず酸化種が基板との界面に損傷を与えない程度に前記導電性膜を残留せしめた状態まで、異方性エッチングを行い、効率よく高精度のパターン形成を行うとともに、前記誘電体膜に対する選択性の高いガスを用いて不要部の前記導電性膜をエッチングするようにしているため、エッチング残渣が表面に残ることなく良好なパターン形成を効率よく行うことができる。第2のエッチング工程では、基板表面に誘電体膜を成長させた後、誘電体膜に対する選択

比を高めて、イオン化した酸化種または基板を構成する原子が誘電体膜内部へドリフトして誘電体膜（酸化膜）が形成されることのないように誘電体膜厚を維持できるので、第 1 のエッチング工程で誘電体膜の一部に損傷が与えられたとしても、局所的な酸化を生じ基板が盛り上がることはない。

【 0 0 2 2 】

前述のように第 2 のエッチング工程は、ガス組成、チャンバー内圧力等のプロセスパラメータを選択することにより、当該工程の初期には、前記酸化種と前記基板との反応により酸化シリコンを成長させつつエッチングを行い、酸化膜厚が一定の厚さに達した後は、酸化膜をほとんどエッチングしないようにできるために残渣の発生を防ぐことができるだけでなく、誘電体膜の膜減りなしに、高精度のパターンを形成することが可能になる。

【 0 0 2 3 】

また、第 2 のエッチング工程を、前記第 1 のエッチング工程よりも、酸化種濃度が高くなるようなガス雰囲気下で実行するようにすれば、第 1 のエッチング工程では異方性を高めたパターニングを行い、第 2 のエッチング工程では、より選択性の高いエッチングを行うことができ、残渣のない、信頼性の高い表面を得ることが可能となる。

【 0 0 2 4 】

通常の場合、第 2 のエッチング工程を、前記第 1 のエッチング工程よりも、酸素濃度が高くなるようなガス雰囲気下で実行するようにすれば良好なプロファイルを得ることができる。

【 0 0 2 5 】

また、窒化種は基板表面を不導態化するため、第 2 のエッチング工程を、前記第 1 のエッチング工程よりも、窒化種の濃度が高くなるようなガス雰囲気下で実行するように、2 ステップエッチングのエッチングガス種を選択するようにしても良好なプロファイルを得ることができる。

【 0 0 2 6 】

また、第 2 のエッチング工程を第 1 のエッチング工程よりもより低圧下で実行するようにすれば、平均自由行程も長くなり、基板表面の薄い誘電体膜を保護し

つつエッチングを行うことが可能となる。

【0027】

さらにまた、第2のエッチング工程はチャンバー内圧力が2 m T o r r 以下で実行されるようにすれば、プラズマ密度が低下し、基板表面へのダメージは低減されるため、表面保護性は向上する。

【0028】

また、理由は明らかではないが、この方法は、種々の実験結果から、誘電体膜が、膜厚5 nm以下の酸化シリコン膜である場合に特に有効である。

【0029】

さらにまたこの導電性膜は、シリコン系導電性膜であるのが望ましい。

また、シリコン系導電性膜は、多結晶シリコン膜であるのが望ましい。

【0030】

また、この第1および第2のエッチング工程はE C Rプラズマエッチング工程である場合に特に有効である。

また、この他、ヘリコン波プラズマエッチング装置などにも有効であり、もっぱら、低圧下でエッチング処理を行う場合に特に有効である。

【0031】

さらにまた、前記第2のエッチング工程においては、H B r / C l ₂ / O₂プラズマを用いることにより、H B r の添加により、酸化シリコン膜等の誘電体膜に対する選択性が向上し、誘電体膜に損傷を与えることなくエッチングを行うことができる。

【0032】

また第1のエッチング工程は、C l ₂ / O₂プラズマを用いたエッチング工程を用いることにより、効率よく異方性エッチングを行うことができる。

また、第1および第2のエッチング工程で、H B r / C l ₂ / O₂プラズマを使用し、酸素濃度を第2のエッチング工程で用いられるプラズマよりも酸素プラズマ濃度よりも小さくすることによっても有効である。

【0033】

またこの誘電体膜はゲート酸化膜であり、前記導電性膜は、ゲート電極である

場合、後続工程において、この導電性膜をマスクとしてソース・ドレイン拡散層形成のためのイオン注入を行うような場合にもエッチング残渣のない平滑な表面を得ることができるため、均一に不純物を打ち込むことができ、高精度の拡散プロファイルを得ることが可能となる。

【0034】

また、極薄ゲート酸化膜上の多結晶シリコンゲート電極をエッチングするに際し、第1のエッチング工程と、前記第1のエッチング工程後、臭化水素 (HBr) / Cl_2 / O_2 プラズマを用いた第2のエッチング工程とを含むようにすれば、第2のエッチング工程では、ゲート酸化膜と基板との界面に酸化シリコン膜を形成しながらパターニングを行うことができるため、ゲート酸化膜が極薄である場合にも膜減りもなく平滑なゲート酸化膜表面を維持しつつゲート電極のパターン形成を行うことが可能となる。なお、ハロゲン化水素 (HX) とハロゲン (X_2) と酸素との混合プラズマによっても同様の効果を奏功させることが可能である。

なお、ここでエッチング残渣とは、エッチング中に生成された酸化シリコン膜の不規則な盛り上がりなどエッチング生成物をも含むものとする。

【0035】

【発明の実施の形態】

次に本発明の実施形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。

まず、図1に示すように、ECRプラズマエッチング装置を用いる。装置構造としては前述した通りである。図2(a)乃至(c)はこの装置を用いたゲートパターンの形成工程を示す図である。

【0036】

そして、図2(a)素子分離領域の形成された8インチのシリコン基板1表面に膜厚2nm～5nmの熱酸化膜からなるゲート酸化膜を形成するとともに、この上層に膜厚150nmのノンドーパの多結晶シリコン膜3を形成し、この上層に反射防止膜(図示せず)を介して膜厚500nmのレジストパターンRを形成する。ここでは、この反射防止膜は40nmのTIN層と、この上層に形成された膜厚60nmの有機反射防止膜とで構成されている。

【0037】

そしてこの装置のチャンバー101内の下部電極103上に被処理基板106としてこの基板を真空チャックで固定するように載置する。そしてチャンバー内を、30001/sのターボポンプを用いて真空排気し、チャンバー上部に設けられた窓から2.45GHzのマイクロ波を導入し、以下の条件で5ステップエッチングを行う。

【0038】

まず以下の条件でステップ1のエッチングを行う。そしてガスおよび圧力を調整し、順次ステップ2から5のエッチングを行う。

【0039】

ステップ1：圧力=1 mTorr、ソースパワー（マイクロ波）=1000W、バイアスパワー=70Wで、Cl₂/O₂の混合ガスを用いて、まず有機系反射防止膜のエッチングを行う。

【0040】

ステップ2：圧力=圧力=0.5～1 mTorr、ソースパワー=1000～1400W、バイアスパワー=50～70Wで、Cl₂ガスを用いて、TiN反射防止膜のエッチングを行う。ここではTiNのエッチングがなされる。

【0041】

ステップ3：圧力=1～2 mTorr、ソースパワー=600～800W、バイアスパワー=23～30W、HBr/Cl₂/O₂の混合ガスを用いて、多結晶シリコンのエッチングを行う。ここでO₂の流量比は、5%以下に設定する。

【0042】

ステップ4：圧力=2～4 mTorr、ソースパワー=600～800W、バイアスパワー=23～30W、HBr/5%O₂の混合ガスを用いて、多結晶シリコンのオーバーエッチングを行う。

【0043】

ステップ5：圧力=1～2 mTorr、ソースパワー=600～800W、バイアスパワー=20～40W、HBr/Cl₂/24%O₂の混合ガスを用いて、多結晶シリコンのオーバーエッチングを行う。本ステップのO₂流量比は、SiO₂に対する選択性を

高くするために、ステップ3やステップ4より高めに設定すべきであり、15%以上にするのが好ましい。

【0044】

このようにして得られたエッチング形状を図2（b）及び図2（c）に示す。ステップ3では、ゲート酸化膜の一部が露出し始めるまでエッチングを行うため、本ステップ終了時には基板表面の大部分の箇所で、図2（b）に示したように前記多結晶シリコン（シリコン系導電性膜）が残存している。

そしてステップ4及び5では図2（c）に示すように、ゲート酸化膜に対する選択比を大きくとれるような上記条件でエッチングを行い、残存した多結晶シリコン膜を除去しゲート酸化膜を露呈せしめる。

第4のエッチングステップは、ノンドーパ多結晶シリコン膜、p+多結晶シリコン膜、あるいはn型多結晶シリコン膜であってn型不純物濃度の低いものなどのシリコン系導電性膜のエッチング断面形状を矩形に仕上げるために導入するステップであって、エッチング形状の調整が必要なければ省略してよい。

【0045】

図3は、このようにしてゲート電極パターンの形成された膜厚2 nmのゲート酸化膜部分のTEM写真である。残渣もなく平滑な表面状態を得ることができる。とともに、2 nmという本来の膜厚も維持されていることがわかる。ちなみに図4は、従来のようにステップ5をCl₂/O₂で終点までエッチングしたあとのゲート酸化膜部分のTEM写真である。これら図4と図3の比較からあきらかなように本発明によれば、ゲート酸化膜の膜減りもなく、平滑な表面を得ることができるの対し、従来の方法で形成したゲート酸化膜表面には残渣が残っている。

【0046】

前記第3のエッチングステップについては、HBr、Cl₂およびO₂の混合ガスに限定されることなく、適宜異方性をもつようなガス比を選択するようにするのが望ましい。

【0047】

第4及び第5のエッチングステップにおけるガスの組み合わせは、下表1のガ

ス系から任意の組み合わせを選択することができる。第5のステップは、 Cl_2 など酸化膜に対する選択比を低下させる可能性のあるガスを含有するため、それらのガスを含有していても酸化膜に対する選択比が低下しないように、第4のステップに比べて酸素流量を多めにする必要がある。第4のステップ及び第5のステップにおける、望ましい酸素流量割合は、酸素流量以外の設定条件にも依存するが、それぞれ、3%～10% 及び 10%～28%と考えられる。

【0048】

【表1】

第4のエッチングステップ向けガス系	第5のエッチングステップ向けガス系
1) HBr/O_2	1) $\text{HBr}/\text{Cl}_2/\text{O}_2$
2) HBr 、 HI の少なくともいずれか一方のガスと O_2 の混合ガス	2) HBr 、 HI の少なくともいずれか一方のガスと、 Cl_2 、 Br_2 、 I_2 のうち少なくとも1種類のガスと O_2 の混合ガス
3) HBr 、 HI の少なくともいずれか一方のガスと、 Br_2 、 I_2 のうち少なくとも1種類のガスと O_2 の混合ガス	

【0049】

次に、ゲート酸化膜の膜厚を2～5 nmまで変化させて、ゲート酸化膜表面の状態を測定した。

その結果本発明のように異方性エッチングプロセスと、酸化種を高めた選択エッチングプロセスとの2ステップエッチング（第1のエッチング工程と第2のエッチング工程を組み合わせたエッチング方法）で多結晶シリコン膜をエッチングすることにより、エッチング残渣もなく平滑で良好なゲート酸化膜表面を得ることが可能となる。

【0050】

従って、このようにして形成されたゲート電極のパターンをマスクとして、超浅のソース・ドレイン拡散領域を形成する場合にも均一に不純物を打ち込むことができ、良好な不純物プロファイルを得ることが可能となる。

【0051】

これに対し、 HBr を添加することなく Cl_2+O_2 のみで最後までエッチングを行った場合には、多結晶シリコンの粒界に相当する部分で酸化シリコン膜の膨

れが生じた。

【0052】

なお、2ステップエッチングの圧力条件についても、同じ圧力下でもよいが、良好なエッチングを行うには、最初の異方性エッチング時よりも後の選択性エッチングにおける圧力を低くするようにしてもよい。

【0053】

このように、前記実施の形態では第5のエッチングステップ（多結晶シリコンのエッチングステップとしては第2のエッチングステップ）でHBrを添加しているため、SiO₂、Si₃N₄あるいはレジストに対する選択比が向上し、多結晶シリコン膜のみが良好にエッチングされ、残渣の発生を防止することが可能となる。

【0054】

なお、異方性エッチングから選択性エッチングに切り換えるときの残留多結晶シリコン膜の膜厚Dは、異方性エッチング（第1のエッチング工程）の終点検出のタイミングにより決まるが、Interferometric Endpoint Prediction 法を用いて、粒界部においてゲート酸化膜が露出しないように早めにエッチング終点を決定すれば、より良好な残渣やゲート酸化膜突き抜けの無いエッチングが可能になる。

【0055】

さらに図9は、シリコン基板をCl₂/O₂プラズマで酸化したときの酸化膜厚を放電時間に対してプロットしたものである。酸化膜厚が約5nmに達すると、もはや酸化膜厚は増加しなくなることがわかる。酸化膜表面は、イオン衝撃によってエッチングされるはずであるから、図9は酸化膜エッチング速度と基板の酸化速度が、酸化膜厚5nm付近で等しくなって、見かけ上、基板の酸化も酸化膜のエッチングも進行しなくなったように見えることを示している。

【0056】

なお、第2のエッチング工程において、酸化シリコンのエッチング速度が低くなるようにすれば、前述のような残渣は発生しなくなる。図10は、Cl₂/O₂におけるCl₂の一部をHBrに置き換えていった時の、酸化シリコン膜のエッ

チング速度と、極薄シリコン酸化膜直下のシリコンの消費速度（酸化速度）の変化の様子を示している。酸化シリコン膜のエッチング速度、シリコンの消費速度共に、HBr 流量の増加に従って低下していくことがわかる。

【0057】

このように、第2のエッチング工程において酸化シリコンのエッチング速度を低下させれば、極薄シリコン酸化膜直下のシリコン消費速度も低下するということができる。すなわち、第2のエッチング工程の酸化シリコンエッチング速度を低く抑えることによりシリコン基板の消費が抑制されて残渣が発生しなくなるのである。

【0058】

なお、ソースパワーはイオン電流密度が基板上で $0.5 - 3 \text{ mA/cm}^2$ となるようなパワー、バイアスパワーは、基板設置電極における V_{pp} が 40 V 以上又は V_{dc} が 20 eV 以上となるパワーを選択する。ここで V_{dc} を 20 eV 以上としたのは、Si-Si 結合をきるのに 20 eV 以上のイオンエネルギーが必要であるからである。また、イオン電流密度を $0.5 - 3 \text{ mA}$ としたが、高すぎるとエッチング選択性が低下したり、電子遮蔽ダメージが増大するという問題がある）

【0059】

また前記実施の形態では、ゲート電極として多結晶シリコン膜を用いた例について説明したが、これに限定されることなく、他の導電性膜のパターニングにも適用可能である。

【0060】

また、誘電体膜についても酸化シリコン膜に限定されることなく、窒化シリコン膜、窒化シリコン膜と酸化シリコン膜との2層構造膜（NO膜）、酸化シリコン膜と窒化シリコン膜と酸化シリコン膜との3層構造膜（ONNO膜）などを用いた場合にも適用可能である。

【0061】

【発明の効果】

以上説明してきたように、本発明によれば、下地膜が超薄膜である場合にも、

エッチング残渣もなく平滑な下地表面状態を維持しつつ、高精度で微細なパターン形成を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態で用いられる E C R エッチング装置を示す図

【図 2】

本発明の一実施の形態によるパターン形成工程を示す図

【図 3】

同工程で得られたパターンの下地表面の構造を示す T E M 写真

【図 4】

従来例の工程で得られたパターン下地表面の構造を示す T E M 写真

【図 5】

従来のゲート電極パターン形成後の T E M 写真

【図 6】

従来の方法によるエッチング過程を示す説明図

【図 7】

従来のエッチング工程における表面状態変化を示す図

【図 8】

従来のエッチング工程における初期の酸化シリコン膜の膜厚に対するとエッチング終了後の膜厚及び膜厚増大分を示す図である。

【図 9】

第 2 のエッチング工程後の酸化シリコン膜の膜厚の放電時間依存性を示す図である。

【図 10】

酸化シリコン膜のエッチング速度とシリコンの消費速度との H B r 流量依存性を示す図である。

【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 ゲート酸化膜

3 多結晶シリコン膜

R レジスト

1 0 1 チャンバー

1 0 2 石英窓

1 0 3 下部電極

1 0 4 第 1 のコイル

1 0 5 第 2 のコイル

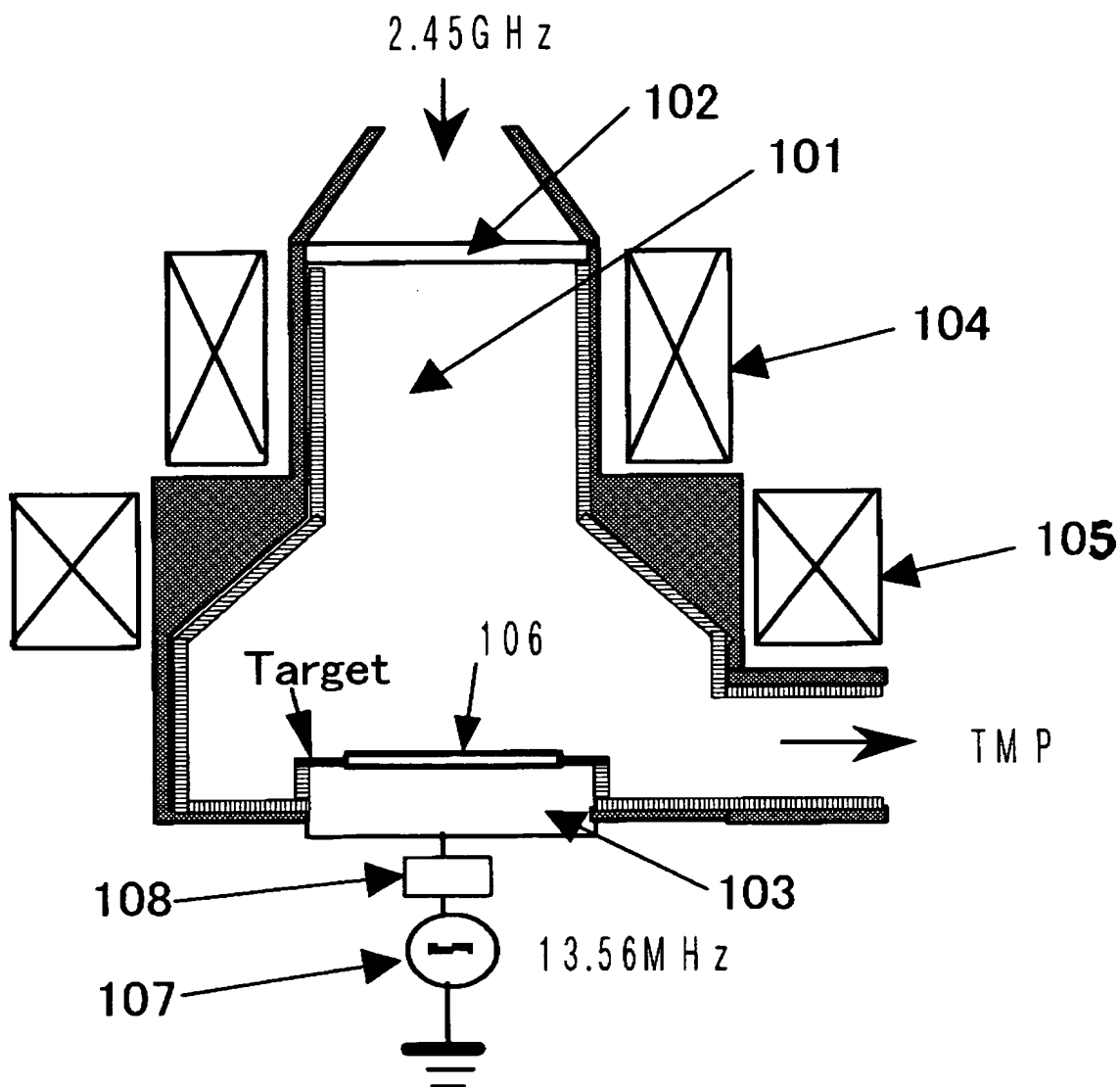
1 0 6 被処理基板

1 0 7 高周波電源

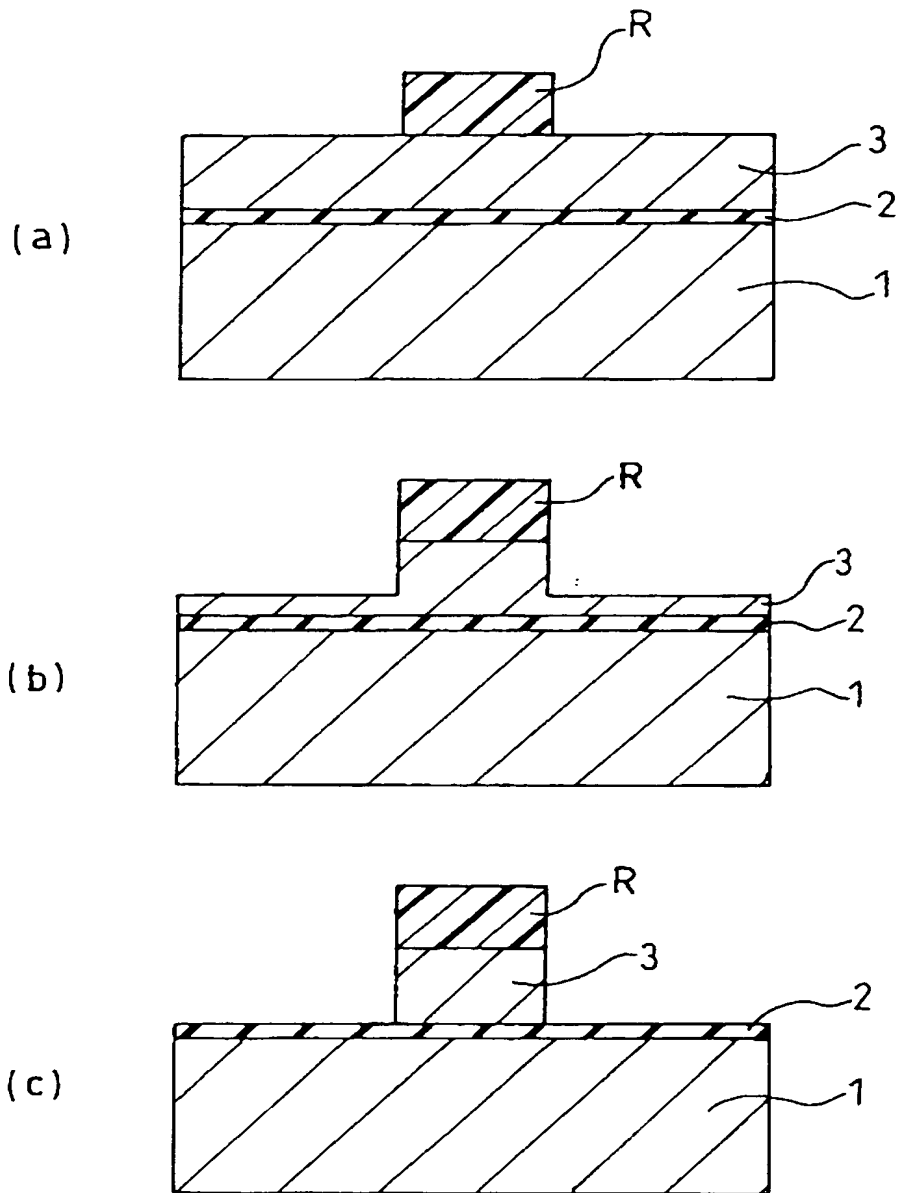
1 0 8 整合器

【書類名】 図面

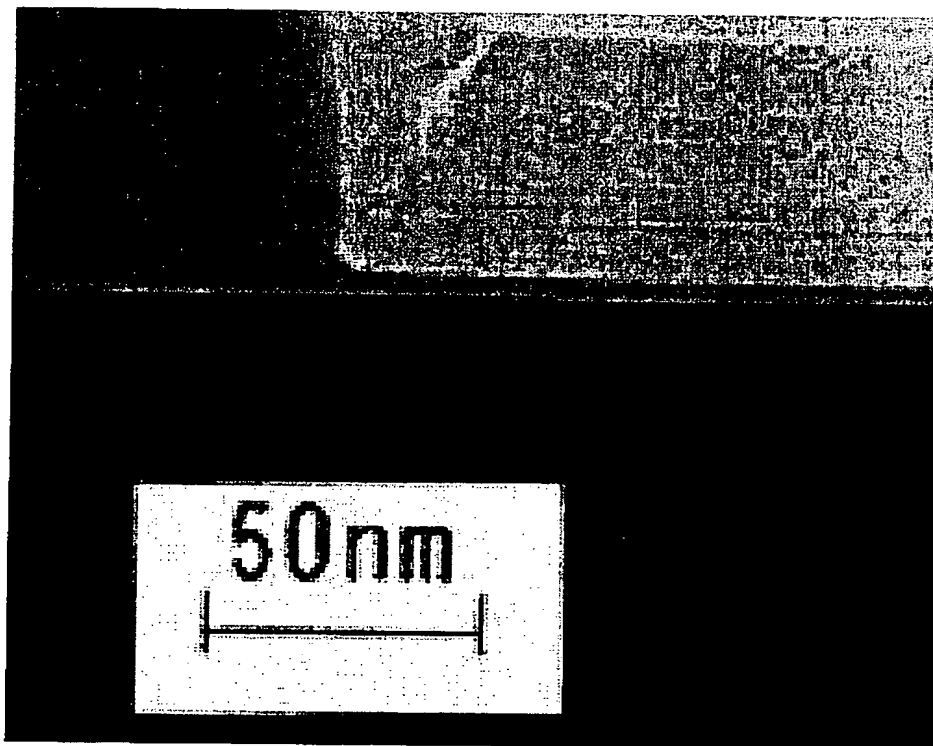
【図 1】



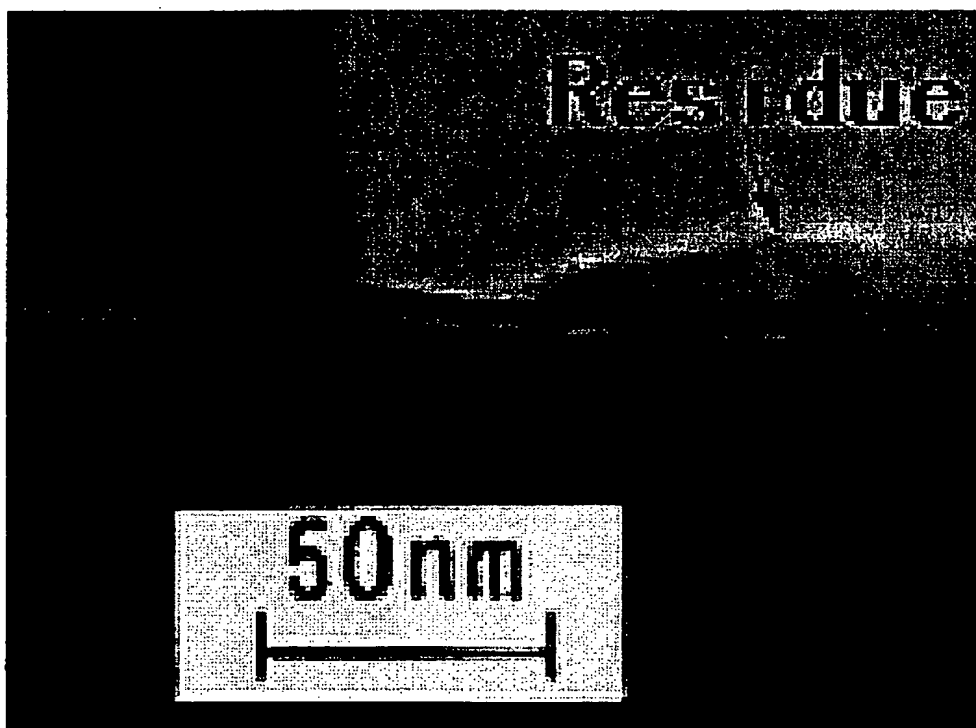
【図 2】



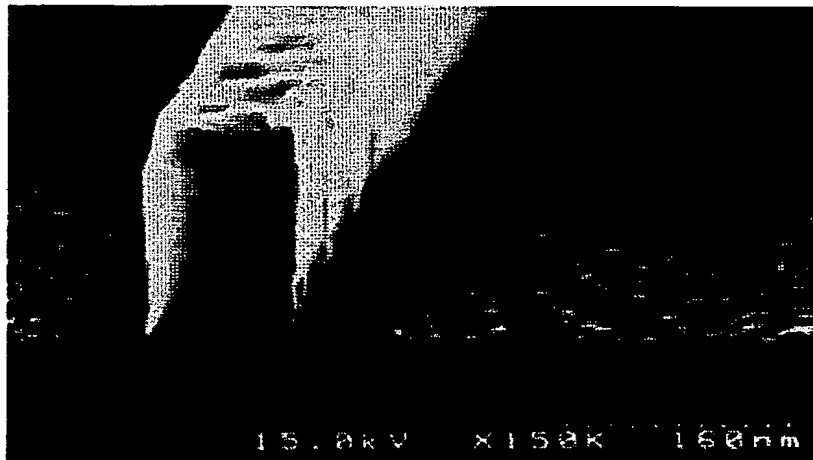
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】



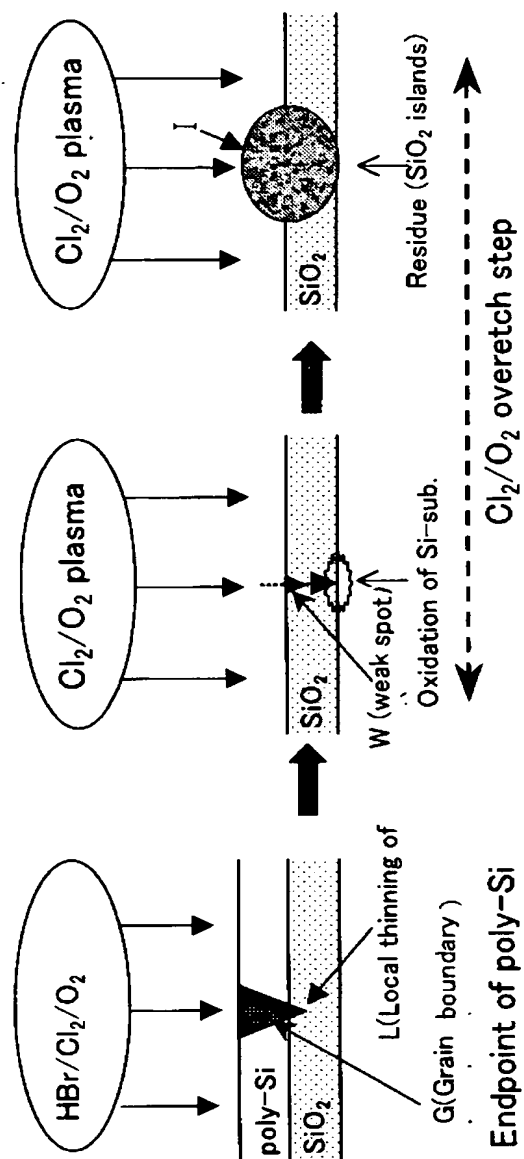
(a) partially etched polySi



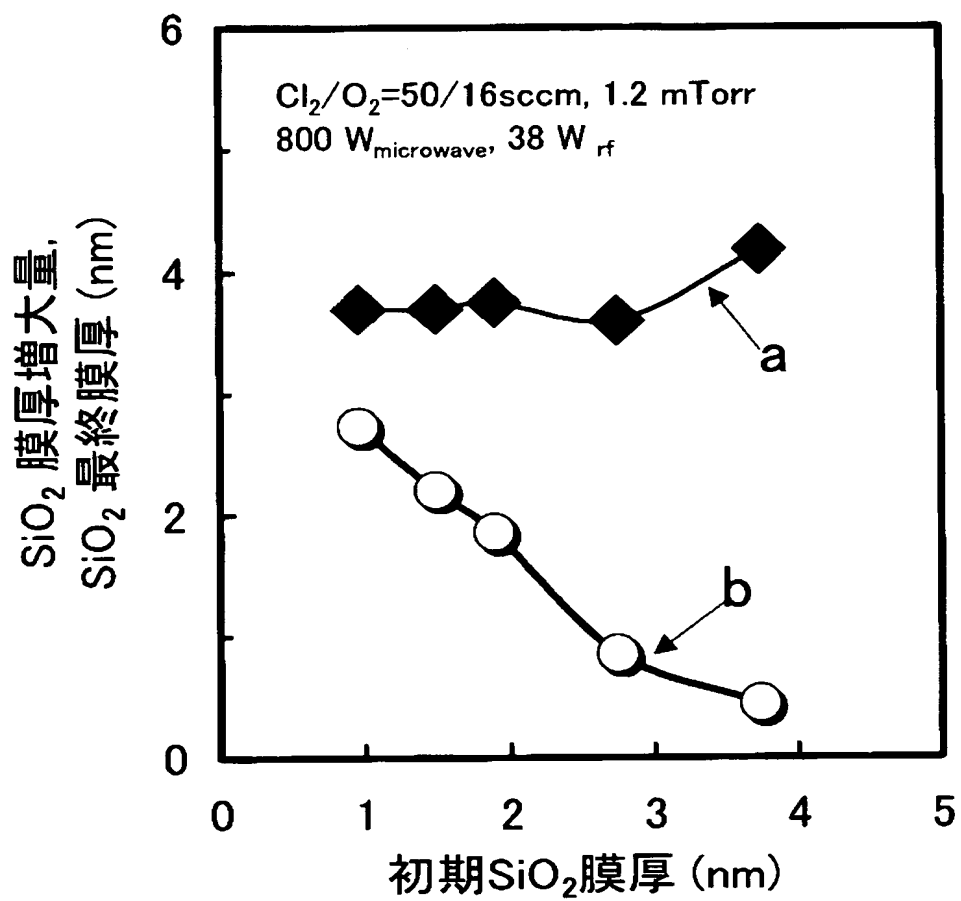
(b) gate oxide surface

Surface morphology of polySi and gate oxide.

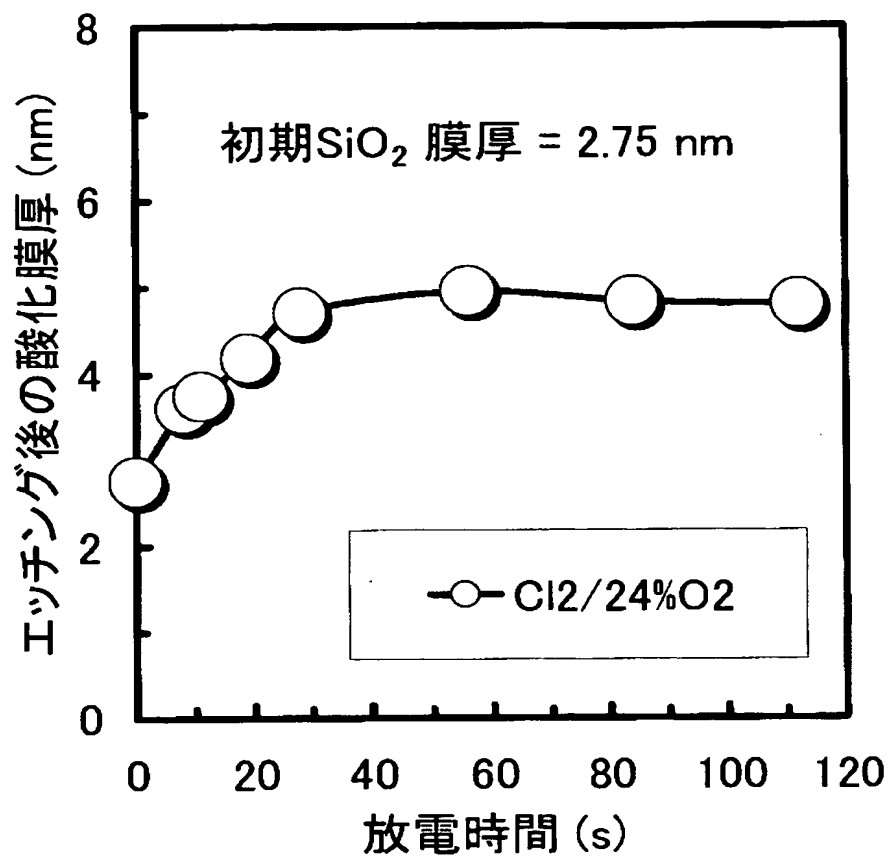
【図 7】



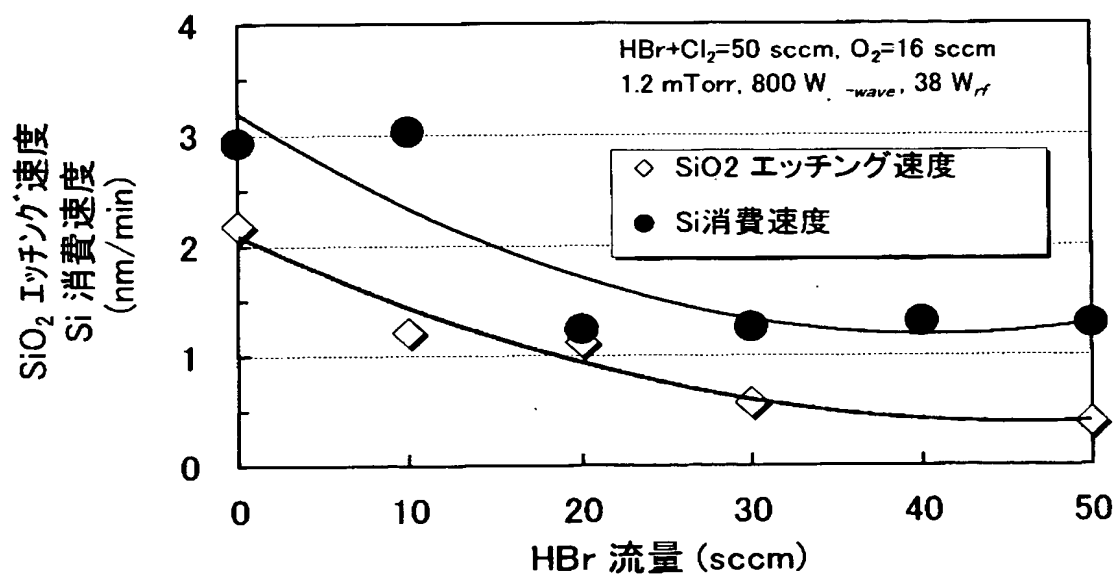
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 エッチング残渣の残留を低減し、高精度でかつ微細なパターンを得ることができるエッチング方法を提供する。

【解決手段】 極薄の誘電体膜上で粒界をもつ導電性膜をパターンニングするに際し、平坦部の前記導電性膜の大部分が消失するまで異方性エッチングを行う第 1 のエッチング工程と、前記第 1 のエッチング工程後、粒界直下の前記誘電体膜の厚さを酸化種が基板との界面に達しない程度に保持できるように、前記誘電体膜に対する選択比を高めて不要部の前記導電性膜をエッチングする第 2 のエッチング工程とを含むことを特徴とする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 9 6 4 7 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 1 6 0 2 4]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地

氏 名

ローム株式会社